

ELABORACION DE LA CURVA DE GASTOS DEL RIO BUTRON Y SU ADAPTACION AL TRATAMIENTO AUTOMATICO DE LIMNIGRAMAS EN MICROCOMPUTADOR (*)

J. Javier Cruz Sanjulián (**), A. Eraso Alberdi (**)
e I. Antigüedad (**)

RESUMEN

Para disponer del control continuo del caudal del río Butrón se instaló una estación limnigráfica en la parte final de su curso, aprovechando la existencia previa de escalas limnigráficas y de un puente especialmente acondicionado para la realización de aforos con molinete. Se disponía, además, de una serie de aforos directos y la curva de gastos correspondiente a los mismos, información que se ha completado con nuevos aforos químicos y con molinete. El conjunto de estos datos nos ha permitido trazar una nueva curva de gastos que ajusta aceptablemente a una recta para alturas de carga superiores a 0,9 metros y más deficientemente a una curva de segundo grado para alturas inferiores a dicho límite. Esta circunstancia aconsejó, después de varios intentos, descomponer dicho tramo curvo en un conjunto de 12 rectas, de modo que fuera posible el procesamiento automático en microordenador de los limnigramas correspondientes.

PALABRAS CLAVE: Curva de gastos, río Butrón, Vizcaya, aforos químicos, aforos con molinete, tratamiento de limnigramas, tratamiento en microcomputador.

ABSTRACT

In order to obtain a continuous control of the Butron river's discharge a stage graphic recorder was installed in its lower reaches, taking advantage of the previous existence of stage boards and a specially prepared bridge for making velocity measurements using a current meter. Several measurements of the stream discharge and the corresponding rating curve were also available, information that has been completed with additional discharge measurements by dilution gauging (constant rate and gulp injection) and by the velocity-area technique using a current meter. The all set of data allowed us to draw a new rating curve which adjust narrowly to a straight line for stages higher than 0.9 meters and more loosely to a curve for lower stages. This fact let us, after several attempts, to reduce this curve line to a series of 12 straight segments so that the automatic processing in microcomputer of the corresponding stage recorder charts were made possible.

KEY WORDS: Rating curve, Butron river, Biscay, dilution gauging, current-meter gauging, stage recorder charts processing, microcomputer processing.

Introducción

El río Butrón recorre, de sureste a noroeste, la parte septentrional de la provincia de Vizcaya, desde las estribaciones del Vizcargui hasta desembocar en el estuario de Plencia. Su trazado sigue una dirección marcadamente paralela a las estructuras principales

de plegamiento de la región que, en este caso, constituyen un claro condicionante de la red fluvial. De hecho, la divisoria meridional de la cuenca del Butrón está representada por las elevaciones modeladas en los materiales terciarios de la alineación del Oiz, mientras el límite septentrional coincide de un modo aproximado con el contacto entre los materiales del

(*) Este trabajo ha sido realizado en el marco del Estudio Hidrogeológico de Vizcaya, encomendado a este Departamento por la Excm. Diputación Foral del Señorío, a través de la Fundación Euskoiker. A dichas Instituciones agradecemos su colaboración, así como la autorización para publicar los presentes datos.

(**) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco. Apartado 644. Bilbao.

Cretácico superior y los del complejo supraurgoniano que afloran ampliamente en el sector costero entre Plencia y Cabo Machichaco (fig. 1).

En suma, la cuenca del río Butrón está constituida mayoritariamente por los materiales predominantemente margosos del Cretácico superior. No obstante, en la mayor parte de sus 36,5 kilómetros de recorrido, el cauce principal se instala en la llanura aluvial de Munguía, con un interés hidrogeológico evidente.

ces la oportuna curva de gastos, adaptada al tratamiento automático en microcomputador desarrollado en este Departamento (Cruz-Sanjulián, *in litt.*).

Aforos realizados

El régimen del río Butrón muestra una muy considerable variación de caudales; en efecto, como se

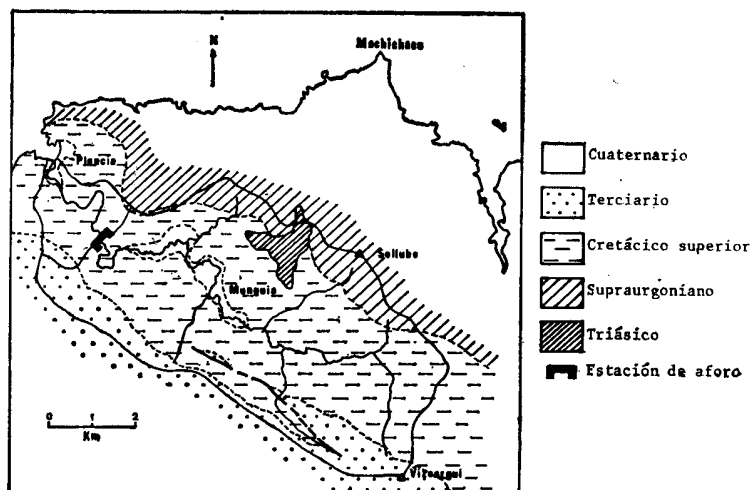


Fig. 1.—Situación de la estación de aforos en la cuenca del río Butrón (base geológica según Rat, 1959).

Esta circunstancia aconsejó el control continuo del caudal del río. Sin embargo, entre el límite del Cuaternario y la costa, el tramo disponible para ello es bastante reducido, habida cuenta que el efecto de mareas se deja sentir hasta aguas arriba del amplio meandro correspondiente al abanico de Isusquiza, precisamente hasta una presa allí construida, la presa de Arbina, que abastece en la actualidad, entre otros, a los municipios de Plencia y Sopelana.

La decisión final se tomó en función de la existencia en la cola de dicho embalse de escalas limnimétricas y de un puente acondicionado especialmente para la realización de aforos con molinete.

La instalación de ambos elementos era relativamente antigua, relacionada al parecer con el proyecto de una estación de bombeo, construida en el lugar por una Empresa privada. Disponíamos igualmente de los datos de los ocho aforos directos realizados en el mismo punto por la Comisaría de Aguas del Norte de España en el período 18-2-1970 a 27-4-1972 y la curva de gastos elaborada a partir de los mismos por dicha Institución. En estas condiciones, se optó por instalar un limnógrafo en el lugar y realizar una serie de aforos tanto con molinete como químicos, para completar los datos existentes y elaborar enton-

analiza en un trabajo actualmente en preparación, la mayor parte del año los caudales son inferiores a un metro cúbico por segundo, con puntas breves, pero muy acusadas, en las que se superan holgadamente los 50 metros cúbicos por segundo, al margen de crecidas excepcionales como las de agosto del 83, en las que el nivel llegó a rebasar —y dañar— la instalación del limnógrafo y derribar el puente metálico desde el que se realizaban los aforos. Por esta razón no se pueden dar datos precisos del caudal alcanzado en dicha ocasión, pero es obvio que superó ampliamente el centenar de metros cúbicos por segundo, máximo que podía registrar el aparato.

En estas condiciones, y sobre todo por el efecto de remanso de la presa de Arbina, los aforos con molinete sólo son realizables con caudales superiores a cuatro metros cúbicos por segundo aproximadamente. Por debajo de este caudal es obligado recurrir a aforos químicos.

Los resultados de los aforos con molinete realizados se presentan en la figura 2. En ella se indican para cada aforo la fecha de realización, la sección mojada (hay que advertir que de uno a otro aforo se detectaron en ella ligeras variaciones), la altura limnimétrica y el caudal correspondiente. Conviene se-

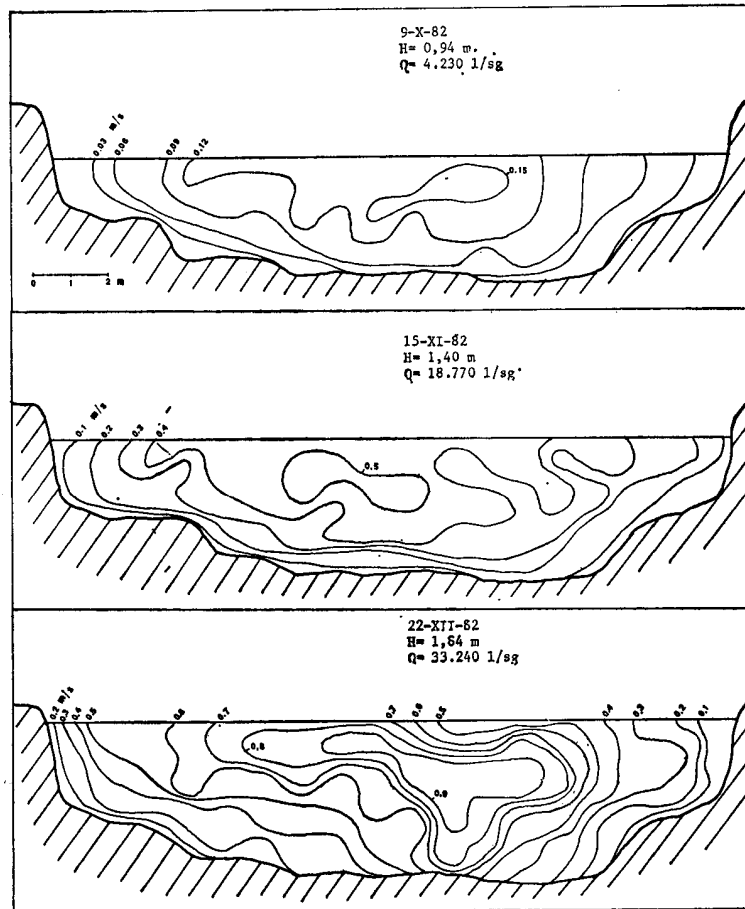


Fig. 2.—Isotacas correspondientes a los aforos con molinete.

ñalar que las alturas de escala limnimétrica indicadas se refieren a un origen arbitrario que no coincide con el punto más bajo de la sección ni con el rebosadero de la presa, circunstancia a la que se volverá a hacer mención más adelante.

En cuanto a los aforos químicos, se realizaron en una época de bajos caudales, por las razones que se acaban de comentar, y en otra con caudales medios para confrontar los resultados con los obtenidos con molinete. Para ello se eligió un tramo situado unos 400 metros aguas arriba de la estación limnigráfica, en el que la circulación era relativamente rápida (fuera del influjo del embalse) incluso con caudales débiles. En los dos aforos realizados (uno por el método de integración y otro con inyección continua) se utilizó Cloruro de Litio y un ensayo previo con Fluoresceína sódica.

En el aforo por el método de integración se inyectaron 20 litros de una disolución de $ClLi$, con una concentración (en Litio) de 81,5 g/l. Se tomaron muestras durante 20 minutos con un intervalo de 10

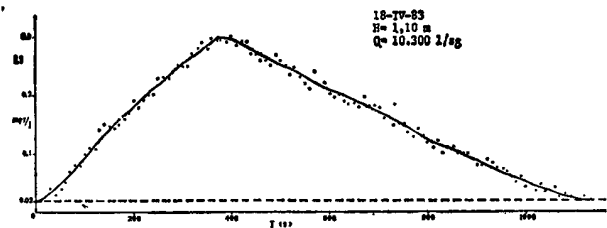


Fig. 3.—Resultados del aforo químico por integración.

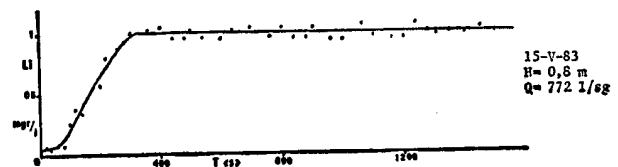


Fig. 4.—Resultados del aforo químico a caudal constante.

segundos. Los resultados, que se presentan en la figura 3, permitieron estimar un caudal de 10,3 metros cúbicos por segundo, correspondiente a una lectura en la escala limnimétrica de 1,10 metros.

En el segundo aforo químico se inyectó un caudal constante de 0,0083 l/seg. de una disolución de ClLi con una concentración en Litio de 91,12 g/l. Se tomaron muestras cada 20 segundos aproximadamente, durante un intervalo de 25 minutos. Los resultados de los análisis correspondientes se presentan en la figura 4, en la que se advierte que la "meseta" de concentración constante (interpretado como de 0,98 mg/l de Li) se mantuvo entre los cinco minutos y el final del ensayo. Ello supone un caudal de 772,7 l/sg. para una altura limnimétrica de 0,8 metros.

Curva de gastos

En resumen, los aforos directos disponibles se recogen en la tabla 1 y en la figura 5 (a y b). En esta última se presenta la curva de gastos propuesta que, como se ve, se ajusta aceptablemente al conjunto de los aforos, incluyendo no sólo los realizados por noso-

TABLA 1

Aforos directos disponibles de diversa procedencia

Altura limnimétrica en metros	m ³ /seg.
0,78	1,351
0,80	0,772 (*)
0,81	1,459
0,84	1,277
0,87	1,587
0,88	2,192
0,94	4,233 (*)
1,10	10,428
1,10	10,308 (*)
1,20	13,204
1,40	18,770 (*)
1,84	33,240 (*)
2,07	37,560

(*) Aforos realizados en este trabajo.

tros, sino también los llevados a cabo por la Comisaría de Aguas del Norte de España. En la misma gráfica se facilita la curva de gastos elaborada por esta última Institución.

El límite superior lo hemos establecido en 2,6 metros, altura que corresponde al extremo de la escala

limnimétrica, que, a su vez, coincide aproximadamente con el borde superior del muro al que aquélla está adosada. Por encima de este valor, el sensible aumento de sección de circulación hace inviable cualquier estimación de caudal en base a la curva propuesta.

En cuanto al límite inferior debemos subrayar que no corresponde a un caudal nulo para una altura limnimétrica equivalente al borde de la presa (cuya cota en la escala es de 0,75 aproximadamente). Y ello debido, muy fundamentalmente, a que en las inmediaciones de la presa, y a menor cota de la culminación de ésta, existe una canalización que deriva el agua hacia un antiguo molino que, obviamente, funciona incluso por debajo de dicho nivel. En estas circunstancias, es lógico que la gráfica no pase por el "origen" (arbitrario, en este caso) de coordenadas.

Conclusiones: adaptación de la curva de gastos del río Butrón al tratamiento automático en ordenador

El tratamiento automático de limnigramas en ordenador empleado en este Departamento (Cruz-Sanjulian, *in litt.*) exige traducir la curva de gastos a una o varias funciones.

El conjunto de los datos de aforo facilitados en la tabla 1 y en la figura 5 ajustan analíticamente, con un coeficiente de correlación de 0,997, a una recta de la forma $Q = 30.02 H - 23.29$, donde Q es el caudal en metros cúbicos por segundo y H la altura limnimétrica en metros. A pesar de este alto coeficiente de correlación, el ajuste es gráficamente deficiente para alturas limnimétricas inferiores a 0,9 metros (fig. 5), y muy en especial para los caudales más bajos, que son precisamente los que circulan con mayor frecuencia. De mantener dicho ajuste, se estarían cometiendo entonces errores nada despreciables en la mayor parte del hidrograma.

Ello nos sugirió intentar dividir la curva de gastos en dos tramos para aplicar en uno de ellos un ajuste lineal y utilizar para los caudales más bajos una función de segundo grado obtenida por mínimos cuadrados.

A partir del gráfico se eligió como tramo recto aquel en el que las desviaciones observadas eran despreciables (alturas superiores a 0,90). En este tramo se consiguió un ajuste satisfactorio, tanto utilizando sólo nuestros datos ($Q = 31.75 H - 25.27$, $r = 0.999$), como utilizando el total de aforos disponibles ($Q = 29.61 H - 22.58$, $r = 0.997$).

Por el contrario, en el tramo curvo la ecuación de segundo grado ajustada daba lugar a una interpolación deficiente en los caudales más bajos y, además, el hidrograma resultante presentaba rupturas muy aparentes en las proximidades del límite de los campos de aplicación de ambas ecuaciones.

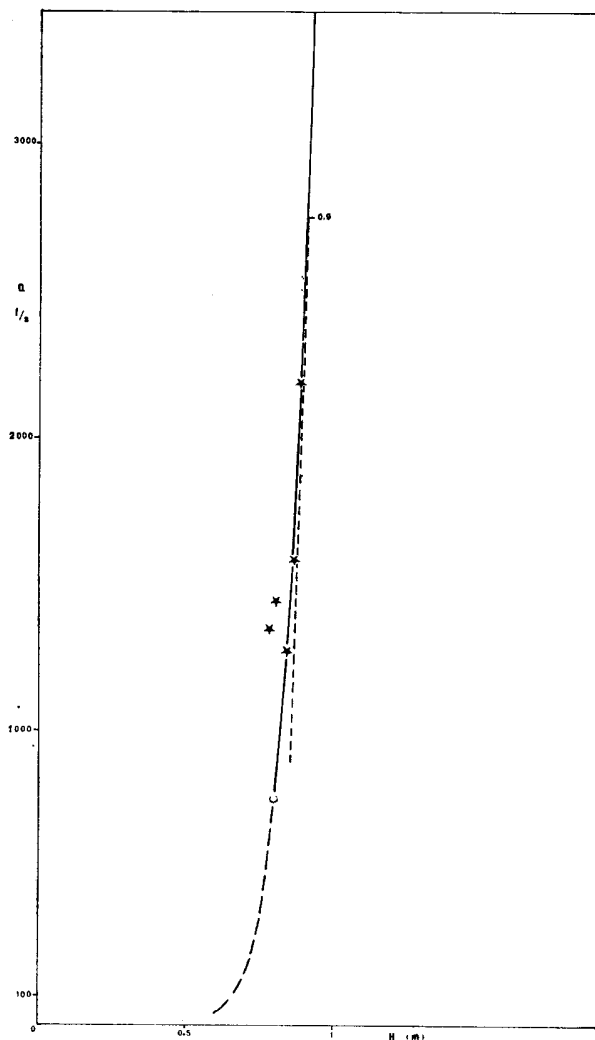
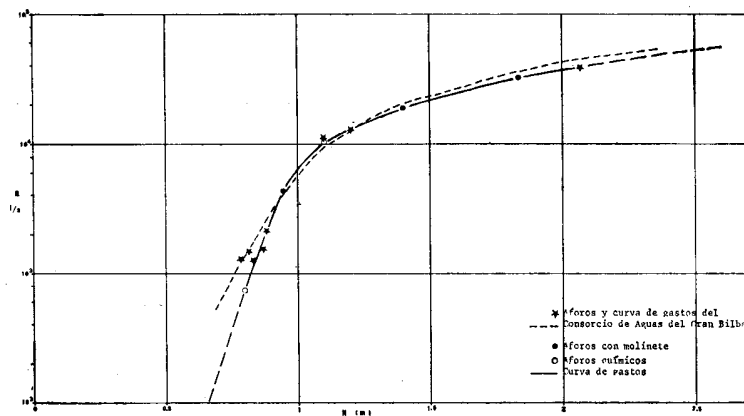


Fig. 5.— Curvas de gastos: 5a. Caudales en escala logarítmica; 5b. Caudales en escala aritmética (por razones de escala, no se ha incluido todo el tramo recto).

Un nuevo intento consistió en subdividir la curva en distintos tramos limitados por los datos de aforo, pero los ajustes resultaban también insatisfactorios; se optó, entonces, finalmente, por una descomposición del tramo de curva de gastos correspondiente a una altura limnimétrica inferior a 0,9 metros en una serie de 12 rectas que ofrecieron el ajuste óptimo entre 0,6 y 0,9 metros y cuyos extremos estaban separados una magnitud constante, concretamente 2,5 centímetros de altura limnimétrica. Por encima de 0,9 metros se utilizó la relación lineal de mejor ajuste antes citada. De este modo, se consiguió no sólo un óptimo ajuste a la curva de gastos experimentales en todo su trazado, sino, además, evitar la existencia de rupturas en el hidrograma obtenido, en la proximidad de los puntos extremos de los intervalos en que aquélla

se ha dividido. Con el conjunto de las ecuaciones de las 13 rectas consideradas, se elaboró entonces la subrutina de cálculo de caudal, tal como se describe en otro trabajo (Cruz-Sanjulián, *in litt.*).

Bibliografía

- CRUZ-SANJULIÁN, J.
Tratamiento automático de limnigramas en microcomputador. *Bol. Geol. Min.* (en prensa).
- RAT, P.
1959. *Les pays crétacés basco-cantabriques (Espagne)*. Presses Univ. France, 525 págs. (Thèse, Pub. Univ. Dijon, XVIII, 1 mapa E. 1:200.000, publicado en 1958).

Recibido el 10 de febrero de 1984.
Aceptado el 5 de octubre de 1984.